

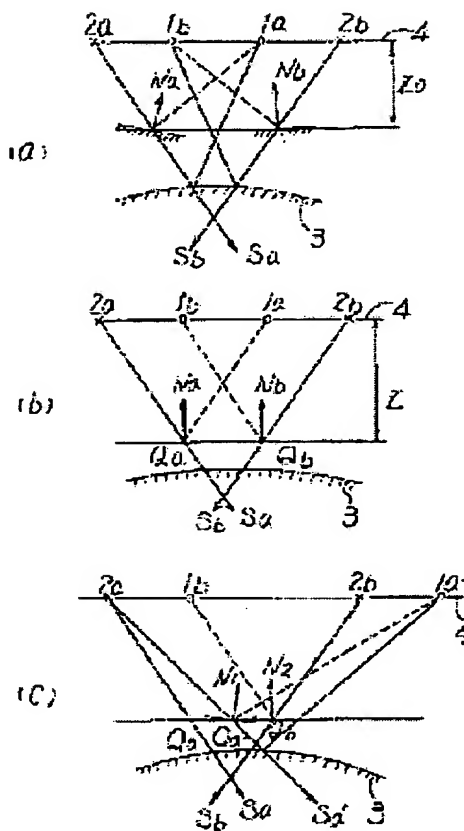
## METHOD FOR MEASURING COORDINATES OF POINT ON SURFACE OF LIGHT-REFLECTION OBJECT

Patent number: JP5087521  
 Publication date: 1993-04-06  
 Inventor: SHIMIZU KAZUAKI; others: 03  
 Applicant: ASAHI GLASS CO LTD  
 Classification:  
 - international: G01B11/00  
 - european:  
 Application number: JP19910276761 19910927  
 Priority number(s):

## Abstract of JP5087521

**PURPOSE:** To obtain coordinates of a specific reflection point without any contact by detecting coordinates of a light-reception position of a reflection light and an incident direction when light from a scattering light source whose position is known irradiates a surface of a light-reflection object.

**CONSTITUTION:** Assuming that a screen is Z plane, a distance between the screen and a glass is equal to  $Z_0$ , and a mirror surface is located at a position of  $Z=Z_0$ , a normal spectrum  $N_a$  on a surface at a position where light is reflected is obtained according to a position relationship between a plurality of directions  $S_a$  and a bright point  $1a$ . In the similar manner, a normal spectrum  $N_b$  is obtained from a position relationship between a plurality of directions  $S_b$  and a bright point  $1b$  and an angle  $\theta$  which is formed by the vectors  $N_a$  and  $N_b$  is obtained. When two visual line directions observe a same point on the surface, the angle  $\theta$  is small and at the same time a distance between positions  $Q_a$  and  $Q_b$  where light is reflected also becomes small. A new visual line direction  $S_a'$  is a direction for observing a center  $Q_a$ , returning is made to this picture element and a bright point  $1a'$  which enters the picture element, and a similar operation is repeated, and one visual line direction out of two visual line directions is corrected, thus enabling coordinates to be measured.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-87521

(43)公開日 平成5年(1993)4月6日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 B 11/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 7625-2F

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-276761

(22)出願日 平成3年(1991)9月27日

(71)出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72)発明者 清水 一明

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72)発明者 植村 健

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72)発明者 斉藤 康成

千葉県船橋市北本町1丁目10番1号 旭硝

子株式会社船橋工場内

(74)代理人 弁理士 泉名 謙治

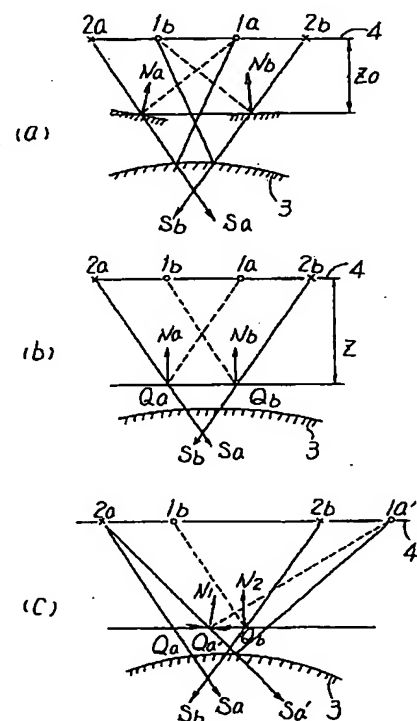
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光反射性物体表面の点の座標を測定する方法

(57)【要約】

【目的】 簡単な設備で光反射性物体表面の特定点の座標を非接触に得る。

【構成】 光反射性物体表面の特定点近傍で反射した点状散乱光源からの光を2台のTVカメラで受光し、仮定された $z$ 座標、光源位置の座標、受光位置の座標、受光時の視線方向から反射の法線方向と、反射点の $x$ 、 $y$ 座標をそれぞれ求め、2台のテレビ、カメラでの値が等しくなるように、 $z$ 座標、視線方向を修正することにより、反射点の座標を求める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】位置が既知の散乱光源から光反射性物体表面に、光が照射され、次いで反射される場合の、その反射光の受光位置の座標と受光時の光の入射方向とを知ることにより、該光反射性物体上での光反射点の座標を決定し、光反射性物体表面の点の座標を測定する方法であって、  
前記光反射点の座標は、以下の (a) ~ (f) の段階を経て決定されることを特徴とする光反射性物体表面の点の座標を測定する方法。

(a)  $x-y$  平面及びその  $x-y$  平面に垂直な  $z$  軸を仮定する段階。

(b) 光線が被測定物の表面上の特定位置近傍で反射するような受光位置と受光される光の入射方向との組み合わせを、複数個、選択する段階。

(c) 前記特定位置の  $z$  座標を仮定する段階。

(d) それぞれの組み合わせにおいて、c 段階で仮定された  $z$  座標、光源位置の座標、受光位置の座標、及び受光される光の入射方向から前記特定位置の  $x$ 、 $y$  座標、及び光反射の法線方向を演算する段階。

(e) 前記  $x$ 、 $y$  座標及び光反射の法線方向についての、それぞれの組み合わせ間の差が所定の値よりも小さくなるまで、 $z$  座標の値もしくは受光される光の入射方向を修正する段階。

(f) e 段階を経て定まった  $x$ 、 $y$  座標及び  $z$  座標の値をもって、前記光反射点の座標とする段階。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光反射性物体表面の点の座標を測定する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、三次元の奥行き情報を得る方法として、三角測量の原理が用いられている。TVカメラを2台用いる両眼立体視法は、この原理を最も忠実に応用したものであるが、左右の画像から空間内の同一点に対応する像を見いだすことが容易ではないため、片方のカメラを光線に置き換えた装置構成とするのが一般的である。図4に測定の概要を示す。これは、指向性の強い光の照射方向と対象表面で反射された光の受光方向とから、三角測量の原理に基づいて表面の位置座標を得る典型的な方法である。図において11は光源、12は反射面、13はレンズ中心、14は撮像面である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この方法は、測定対象が拡散面である場合には有効であるが、鏡面に対しては適用が難しい。何故なら図5に示すように、鏡面に指向性の強い光を照射するとその反射光は正反射の方向へ反射されるため、通常は受光面には到達しないからである。反射光を常に受光するためには、光線の照射方向、撮像面の位置、鏡面の姿勢の何れかを調整する必

要があり、装置構成が非常に大掛かりになるという問題が生ずる。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は上述の問題点を解決すべくなされたものであり、以下の方法を提供するものである。

【0005】位置が既知の散乱光源から光反射性物体表面に、光が照射され、次いで反射される場合の、その反射光の受光位置の座標と受光時の光の入射方向とを知ることにより、該光反射性物体上での光反射点の座標を決定し、光反射性物体表面の点の座標を測定する方法であって、前記光反射点の座標は、以下の (a) ~ (f) の段階を経て決定されることを特徴とする光反射性物体表面の点の座標を測定する方法。

【0006】(a)  $x-y$  平面及びその  $x-y$  平面に垂直な  $z$  軸を仮定する段階。

(b) 光線が被測定物の表面上の特定位置近傍で反射するような受光位置と受光される光の入射方向との組み合わせを、複数個、選択する段階。

(c) 前記特定位置の  $z$  座標を仮定する段階。

(d) それぞれの組み合わせにおいて、c 段階で仮定された  $z$  座標、光源位置の座標、受光位置の座標、及び受光される光の入射方向から前記特定位置の  $x$ 、 $y$  座標、及び光反射の法線方向を演算する段階。

(e) 前記  $x$ 、 $y$  座標及び光反射の法線方向についての、それぞれの組み合わせ間の差が所定の値よりも小さくなるまで、 $z$  座標の値もしくは受光される光の入射方向を修正する段階。

(f) e 段階を経て定まった  $x$ 、 $y$  座標及び  $z$  座標の値をもって、前記光反射点の座標とする段階。

【0007】光の反射性物体である被測定物は代表的にはガラスからなるが、その他プラスチック、金属など、光反射性を有するものであれば何でも良い。特に測定精度の向上のため、鏡面反射するなど、正反射方向の反射光量が多いことが好ましい。

【0008】位置が既知の散乱光源とは、例えば、スクリーン上にレーザー光等の光ビームを照射して微小散乱光源としたものが代表的に例示される。

【0009】また、散乱光源としてLED等を多数配列し、1つずつ順番に点灯しておくようにしたものでも良い。また、移動可能なLED等を用いても良い。

【0010】実際の光源としては、少なくとも一方向に広がり小さいことが好ましい。つまり、点状光源、もしくは点状に近い光源、またはそれを線状に配列したものの、線状に移動させるもの、線状光源、線状に近い光源等がある。これらの光源はその広がり、少なくとも一方向に小さいため、その方向についての光源位置の検出精度が保証されることになる。線状の光源を例にとると、線と垂直方向には、光源の位置精度を高くできる。

【0011】線状の光源を使用する場合は、2以上の異

なる方向の線状光源を使用し、受光位置の交点と、光源位置の交点を対応させることにより、光源の位置精度を向上させることができる。この広がり、例えば、CCDカメラの受光面上での画素の大きさの $10\mu\text{m}$ 角が、光源位置では $1\text{mm}$ 角に対応するとすると、光源の広がり、少なくとも一方には $10\text{mm}$ 以下、好ましくは $5\text{mm}$ 以下が良い。

【0012】また、受光装置は、受光位置が認識可能で受光の際の光の入射の方向、即ち視線方向が決定できるものであればよく、代表的にはビデオカメラ、CCDカメラ等が例示される。

【0013】以下は、光源として、スクリーン上にレーザー光等の光ビームを照射して微小散乱光源としたものを例にとり説明する。

【0014】本発明では、鏡面の表面位置を非接触測定により取得する方法を開発した。本発明手法は、複数台のTVカメラを用い、対象物体表面における鏡面反射性質を積極的に利用して、その幾何光学的関係から表面位置座標を測定する全く新しい位置測定方法である。

【0015】位置測定は、典型的には大きく次の3段階に分かれる。簡単のため以下は、受光装置をテレビカメラとし、その数を2台として説明する。

#### 【0016】第1段階

図2に2次元で示すように、撮像面を構成しているすべての画素の各々に対して、空間のどこに存在する光が入射するのか、即ち各画素 $i$ 、 $j$ とレンズ中心 $7$ とを結ぶ方向を測定する。この方向を視線方向 $S$ と呼ぶことにする。具体的には、図に示すスクリーン4上に移動する輝点1を発生させ、下部の平面鏡6で反射した光が撮像面5のある画素に入射したときの輝点1のスクリーン4上での位置座標と、予め測定しておいたレンズ中心 $7$ の位置座標とから視線方向 $S$ を決定する。この光学測定を、2台のTVカメラについてそれぞれ行う。

#### 【0017】第2段階

図3に示すように、測定対象物体3をセットした状態で第1段階と同様の光学測定を行う。例えば画素 $i$ に入射する輝点1のスクリーン上での位置が同図中に示されているが、この位置座標をすべての画素に関して測定する。この光学測定を、2台のTVカメラについてそれぞれ行う。

#### 【0018】第3段階

図1に示す方法により、測定対象物体たるガラス表面の特定の位置座標を得る。その原理は以下のステップ1～3の通りである。

#### 【0019】ステップ1

スクリーンを $z$ 平面とし、スクリーン-ガラス間距離を適当な値 $z_0$ と仮定する。上記第1、第2段階での光学測定結果から、カメラ2aの撮像面を構成しているある画素の視線方向は $S_a$ であり、この画素へは輝点1aから発した光が入射することがわかる。このとき、 $z = z$

の位置に鏡面があると仮定すると、視線方向 $S_a$ と輝点1aの位置関係から、光が反射する位置における面の法線ベクトル $N_a$ が求められる。同様にカメラ2bの撮像面を構成しているある画素の視線方向 $S_b$ と輝点1bの位置関係から、面の法線ベクトル $N_b$ が求められる。こうして求められたベクトル $N_a$ とベクトル $N_b$ のなす角 $\theta$ を求める(図1(a))。

#### 【0020】ステップ2

二つの視線方向が表面上の特定点の近傍を見ているのであれば、少なくとも面の法線ベクトル $N_a$ 、 $N_b$ のなす角 $\theta$ は微小である。もし、 $|\theta| > \epsilon$  ( $\epsilon$ は所定の微小量)であれば、仮定した距離 $z_0$ が正しくないとし、この値を更新する。このとき $z$ を増加させるか減少させるかは、 $\theta$ の変化量により決定する。即ち、 $z$ を増加させるにつれて、 $\theta$ が減少する方向にあるとき、この操作を続けるとある時点で $z$ は真の値を越えるが、この時点から $\theta$ は増加の方向をとる。従って以降は $z$ の値を減少する方向に変化させてやればよい。ただし、変化量 $\Delta z$ は $z$ の変化方向が変わる毎に $\Delta z = \Delta z / 2$ とするのが良い。また、計算開始時点では $z$ が増加方向になるように初期値 $z_0$ を適当な小さい値にとる方が収束性が良い。以上の操作を繰り返し $|\theta| \leq \epsilon_1$ になったときに、処理はステップ3へ移る(図1(b))。

#### 【0021】ステップ3

二つの視線方向が表面上の同一点を見ているのであれば、面の法線ベクトル $N_a$ 、 $N_b$ のなす角 $\theta$ は微小であると同時に、光が反射する位置 $Q_a$ 、 $Q_b$ 間の距離も微小となる。

【0022】しかし、一般に二つの視線方向で同一の点を見ることは困難である。即ち、 $|Q_a - Q_b| > \epsilon_2$  ( $\epsilon_2$ は所定の微小量)であるならば同一点を見ていないことになるので、一方の視線方向(ここではカメラ2a側の $S_a$ )に対して修正を加える必要がある。例えば、新しい視線方向 $S_a'$ は $Q_a$ 、 $Q_b$ の中心 $Q_a'$ を見る方向とし、その視線方向をもつ画素と、その画素に光が入射する輝点1a'の位置に戻り、同様の操作を繰り返す。以上の結果 $|Q_a - Q_b| \leq \epsilon_2$ となったとき、 $Q = (Q_a + Q_b) / 2$ として定まった座標を測定対象物体の表面の位置座標とする(図1(c))。

【0023】上述の方法の第3段階においては、まず反射の法線方向を収束させてから(ステップ2)、反射位置の $x$ 、 $y$ 座標を収束させる(ステップ3)方法をとっている。しかし、本発明はこれに限らず逆に、反射位置の $x$ 、 $y$ 座標をあらかじめ収束させてから、反射の法線方向を収束させても良い。さらにステップ2、3における所定の微小値 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ を1つに決めず、 $\theta$ について $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$  ( $\epsilon_{11} > \epsilon_{12}$ )という微小値を定め、かつ $|Q_a - Q_b|$ について $\epsilon_{21}$ 、 $\epsilon_{22}$  ( $\epsilon_{21} > \epsilon_{22}$ )という微小値を定めることもできる。

【0024】この場合は、 $\theta$ が $\epsilon_{11}$ 以下に収束した後、

$|Qa - Qb|$  を  $\varepsilon_{21}$  以下に収束させ、次いで  $\theta$  を  $\varepsilon_{12}$  以下に収束させ、さらに  $|Qa - Qb|$  を  $\varepsilon_{22}$  以下に収束させるなど、交互にまたは多段階に分けた収束を行うことも可能である。

【0025】本発明の特に有用な用途としては、光反射性物体の表面の三次元的形状を測定することが挙げられる。形状測定の方法は、例えば、特願平 1-33809 号または特願平 1-177965 号などにより既に提案されているものが好ましく用いられる。

【0026】このような方法においては、被測定物であるガラス等は全体として自動車用ガラス、TVブラウン管ガラス等の如き略板状であることが多いので、まず、これに略平行な  $xy$  平面と略垂直な  $z$  軸を仮定するのが良い。これは少なくとも被測定物表面の  $z$  座標が決定されると  $x$ 、 $y$  座標は 1 つに決まるようにするためである。そして、微小散乱光源の座標、この光源から発して被測定物表面で反射した光を受光する装置の座標、及び受光時の視線方向から、もし、被測定物表面の反射点（以下、初期拘束点という）での座標がわかれば、被測定物表面の光反射の法線を求めることができ、その点での被測定物表面の傾きを求めることができる。

【0027】次に、微小光源を移動させることにより、光源位置、受光位置及び受光時の視線方向から、反射点での光反射の法線方向の変化を算出でき、表面の傾きに換算することができる。

【0028】そして  $z$  座標が決定されれば受光位置と受光時の視線方向が正確である限り、原理的に初期拘束点の座標は決定される。

【0029】従来、初期拘束点の座標を決定するためには、被測定物表面上に紙片等の厚さが無視できる微小ターゲットを貼り、その高さを三次元座標測定機で測定するとともに、位置が既知のテレビカメラ等からターゲットの視線方向を測定して行っていた。

【0030】しかし、ターゲットをこのように被測定物表面上に貼り、その高さを別途測定することは、実際の測定以外の機器を必要とし、手間のかかるものであった。

【0031】本願発明によれば、このような初期拘束点の座標を非接触で決定することができる。これにより、上記の三次元形状測定を自動化するうえで極めてメリッ

トが大きい。

【0032】

【実施例】図 1 に示すような構成で、被測定物体たるガラス板上の特定点  $P$  の座標を前述の第 1 ～ 第 3 段階からなる方法で決定した。光源と被測定物体の距離はおおむね 1.5 m 程度で 2 台の CCD カメラを用い、光源としてはスクリーン上にレーザー光を照射したものをを用いた。また、第 3 段階のステップ 2、3 における  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  は  $\varepsilon_1 = 10^{-10}$ 、 $\varepsilon_2 = 0.1 \text{ mm}$  とした。

【0033】 $z$  座標は 2 台のカメラから見てそれぞれ 1331.07mm 及び 1332.85mm となり平均 1331.86mm となり、別途にターゲットを被測定物の測定対象面に貼り、その高さを三次元測定機によって測定したものとの差は 0.493mm であり、十分な座標決定の精度が得られた。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、光を反射する面を有する被測定物表面の特定点の座標を非接触で求めることができる。

【0035】また、被測定物体の多数点について、本発明の方法により、位置座標を測定することにより、被測定物体の表面形状を知ることができる。

【0036】本発明は被測定物表面が鏡面に限るわけではなく、正反射成分が強い光学的性質を有するものであれば良い。

【0037】さらに、本発明を物体の三次元表面形状測定をする時の初期拘束点座標測定に応用すれば、非接触な座標測定が可能になることから、形状測定の自動化に寄与する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の方法を示す概念図

【図 2】本発明の方法を示す概念図

【図 3】本発明の方法を示す概念図

【図 4】従来の方法を示す概念図

【図 5】従来の方法を示す概念図

【符号の説明】

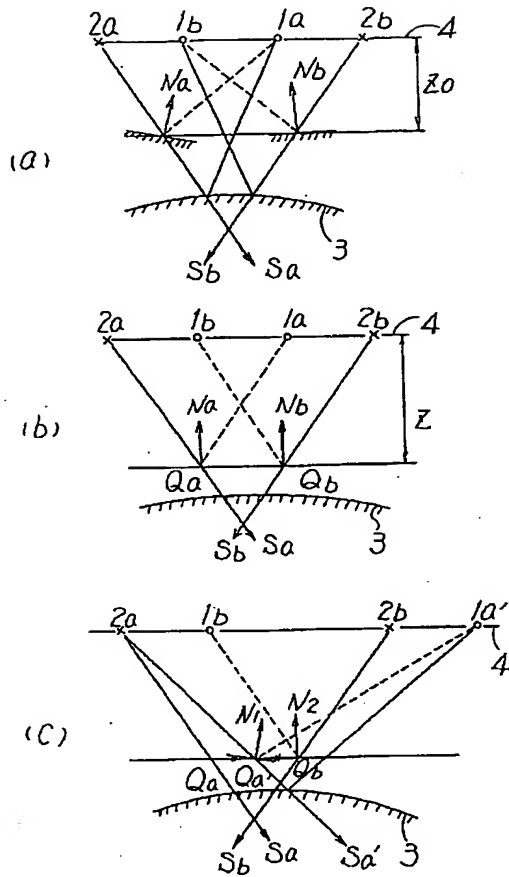
1 輝点

3 被測定物体

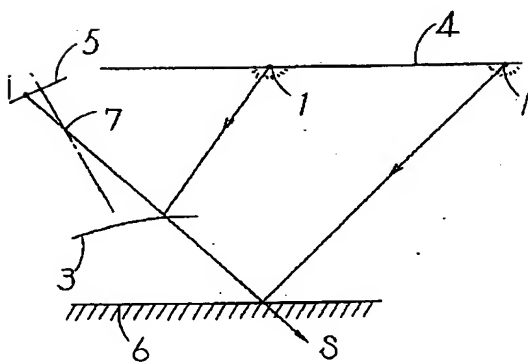
4 スクリーン

7 レンズ中心

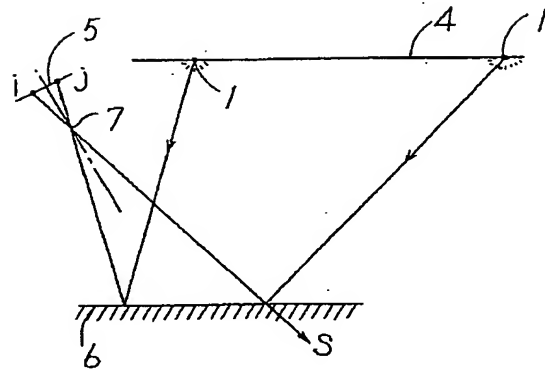
【図1】



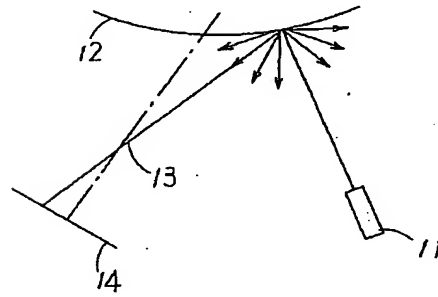
【図3】



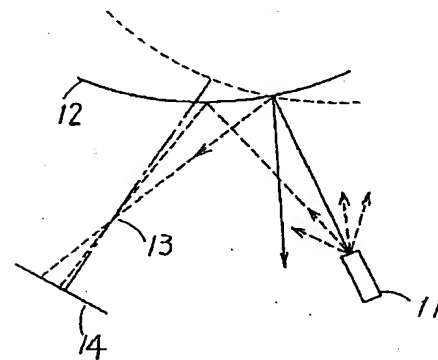
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 三宅 哲夫

愛知県豊橋市高師本郷町字東上65